

# **PEMODELAN PREDIKSI KONSENTRASI PM<sub>2.5</sub> DI DKI JAKARTA MENGGUNAKAN RANDOM FOREST BERBASIS VARIABEL METEOROLOGI DAN MUSIM**

**ANDINI RETNO AJENG HARTINI**



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pemodelan Prediksi Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di DKI Jakarta menggunakan Random Forest berbasis Variabel Meteorologi dan Musim” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Andini Retno Ajeng Hartini  
G2401221056



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



## ABSTRAK

ANDINI RETNO AJENG HARTINI. Pemodelan Prediksi Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di DKI Jakarta menggunakan Random Forest berbasis Variabel Meteorologi dan Musim. Dibimbing oleh ANA TURYANTI.

Kualitas udara di DKI Jakarta sering mengalami penurunan akibat konsentrasi PM<sub>2.5</sub> yang melebihi baku mutu nasional, sehingga berpotensi menimbulkan dampak terhadap kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara variabel meteorologi dan konsentrasi PM<sub>2.5</sub>, serta melakukan pemodelan prediksi menggunakan Random Forest berdasarkan data konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dari 5 SPKU referensi di DKI Jakarta periode 2021–2025. Suhu udara dan kecepatan angin menjadi variabel meteorologi paling dominan terhadap prediksi konsentrasi PM<sub>2.5</sub>. *Rolling mean-3 jam* dan *lag-1 jam* menjadi fitur historis dominan terhadap proses prediksi. Model RF menghasilkan performa terbaik pada prediksi 1 jam dengan  $R^2 = 0,64-0,80$ , MAE = 6,66–8,56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan RMSE = 10,56–17,22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Akurasi model menurun pada horizon prediksi 24 jam ( $R^2 = 0,19-0,42$ ) dan 72 jam ( $R^2 = 0,03-0,38$ ) akibat akumulasi kesalahan pada skema autoregresif. Evaluasi musiman menunjukkan bahwa model lebih mampu merepresentasikan pola fluktuasi PM<sub>2.5</sub> pada musim kemarau ( $R^2 = 0,57-0,70$ ), sedangkan kesalahan prediksi absolut lebih rendah pada musim hujan (MAE = 2,85–6,13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan RMSE = 6,99–9,08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa RF efektif untuk prediksi PM<sub>2.5</sub> jangka pendek, sedangkan penurunan performa pada horizon yang lebih panjang mengindikasikan perlunya pengembangan metode untuk meningkatkan stabilitas prediksi sebagai pendukung pengelolaan kualitas udara di wilayah perkotaan.

Kata kunci: DKI Jakarta, kualitas udara, PM<sub>2.5</sub>, *Random Forest*, variabel meteorologi.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

## ABSTRACT

ANDINI RETNO AJENG HARTINI. Predictive Modeling of  $PM_{2.5}$  Concentrations in DKI Jakarta Using a Random Forest Model Based on Meteorological Variables and Seasonal Factors. Supervised by ANA TURYANTI.

Air quality in DKI Jakarta frequently deteriorates due to  $PM_{2.5}$  concentrations exceeding the Indonesian National Ambient Air Quality Standards, posing risks to public health. This study analyzed the relationship between meteorological variables and  $PM_{2.5}$  concentrations and developed a Random Forest prediction model using hourly data from five reference air quality monitoring stations in DKI Jakarta during 2021–2025. Air temperature and wind speed were the most influential meteorological variables, while the 3-hour rolling mean and 1-hour lag were the dominant historical features. The best model performance was achieved for the 1-hour prediction horizon, with an  $R^2 = 0,64–0,80$ , an MAE =  $6,66–8,56 \mu g/m^3$ , and an RMSE =  $10,56–17,22 \mu g/m^3$ . Model performance decreased for the 24-hour ( $R^2 = 0,19–0,42$ ) and 72-hour ( $R^2 = 0,03–0,38$ ) prediction horizons because of error accumulation in the autoregressive scheme. Seasonal evaluation showed that the model better captured  $PM_{2.5}$  variability during the dry season ( $R^2 = 0,57–0,70$ ), whereas lower MAE ( $2,85–6,13 \mu g/m^3$ ) and RMSE ( $6,99–9,08 \mu g/m^3$ ) were obtained during the wet season. These findings demonstrate the potential of Random Forest for short-term  $PM_{2.5}$  prediction while highlighting the need for improved methods to enhance long-term prediction stability for urban air quality management.

**Keywords:** *air quality, DKI Jakarta, meteorological variables,  $PM_{2.5}$ , Random Forest*



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

# **PEMODELAN PREDIKSI KONSENTRASI PM<sub>2.5</sub> DI DKI JAKARTA MENGGUNAKAN RANDOM FOREST BERBASIS VARIABEL METEOROLOGI DAN MUSIM**

**ANDINI RETNO AJENG HARTINI**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains  
pada Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Muh. Taufik, S.Si., M.Si.
- 2 Sonni Setiawan, S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Pemodelan Prediksi Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di DKI Jakarta  
menggunakan Random Forest berbasis Variabel Meteorologi dan  
Musim

Nama : Andini Retno Ajeng Hartini  
NIM : G2401221056

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing:

Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:

Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.

NIP.197107071998032002

Tanggal Ujian:  
22 Juni 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2025 sampai bulan Juni 2026 ini adalah “Pemodelan Prediksi Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di DKI Jakarta menggunakan Random Forest berbasis Variabel Meteorologi dan Musim”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ayah dan Bunda, serta Adik penulis atas doa, kasih sayang, dukungan tanpa henti, dan kepercayaan yang selalu diberikan. Kehadiran mereka menjadi salah satu alasan terbesar penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya.
2. Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang senantiasa memberikan waktu, perhatian, kesabaran, serta arahan dan masukan yang diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Bimbingan tersebut sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta yang telah membantu menyediakan seluruh data yang diperlukan dalam penelitian ini.
4. *J, who has been a role model and a source of emotional support for the author through her work, her passion, and the way she has navigated her career journey. Her presence, though from afar, has accompanied the author through the various stages of writing this thesis.*
5. Tia selaku sahabat penulis yang menjadi tempat berbagi cerita di berbagai fase kehidupan penulis.
6. Agi, Inas, dan Imah yang menjadi “teman sebelah kamar” penulis sejak dimulainya awal perkuliahan.
7. Toni, Nindy, Nadyah, Dita, Rani, Dilla, dan Azizi selaku teman seperbimbingan penulis.
8. Civita59ahar yang telah membaur-leburkan perjalanan penulis sejak menyandang *title* mahasiswa Departemen Geofisika dan Meteorologi.
9. R, Nisak, Guncis, Yacin, dan Ade yang menjadi *partner meteorologist* penulis selama masa perkuliahan berlangsung.
10. Aledi, Arani, Kekeyi, Moka, Dibrot, Apit, Ami, Bu Owen, dan Pak Nanang yang telah menjadi bagian istimewa dalam perjalanan penulis selama masa Kuliah Kerja Nyata di Ciptamarga.
11. Khansa, Sri, dan Sia sebagai *dopamine* penulis selama masa PPKU.
12. Andini R. A. Hartini, terima kasih telah tetap melangkah, bahkan pada hari-hari yang tidak mudah. *Now, I can prove that I can and I will be the best.*

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat, baik sebagai tambahan informasi dalam kajian kualitas udara dan meteorologi maupun sebagai referensi bagi penelitian terkait prediksi konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di wilayah perkotaan.

Bogor, Juli 2026

Andini Retno Ajeng Hartini



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University





## DAFTAR ISI

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DAFTAR TABEL                                                                           | xix |
| DAFTAR GAMBAR                                                                          | xix |
| I PENDAHULUAN                                                                          | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                                                                     | 1   |
| 1.2 Tujuan                                                                             | 2   |
| 1.3 Manfaat                                                                            | 2   |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                                                    | 3   |
| 2.1 Definisi, Karakteristik, dan Sumber <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) | 3   |
| 2.2 Dampak PM <sub>2.5</sub> , terhadap Kesehatan dan Lingkungan                       | 3   |
| 2.3 Faktor Meteorologi dan Pengaruhnya terhadap Konsentrasi PM <sub>2.5</sub> ,        | 4   |
| 2.4 Variabilitas Musiman dan Pola Temporal PM <sub>2.5</sub> , di Wilayah Tropis       | 5   |
| 2.5 Standar dan Regulasi Kualitas Udara PM <sub>2.5</sub> , di Indonesia               | 6   |
| 2.6 <i>Machine Learning</i> dalam Prediksi Kualitas Udara                              | 6   |
| III METODE                                                                             | 11  |
| 3.1 Waktu dan Tempat                                                                   | 11  |
| 3.2 Alat dan Bahan                                                                     | 11  |
| 3.3 Tahapan Penelitian                                                                 | 12  |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN                                                                | 19  |
| 4.1 Karakteristik Temporal dan Distribusi PM <sub>2.5</sub>                            | 19  |
| 4.2 Hubungan Meteorologi terhadap PM <sub>2.5</sub>                                    | 23  |
| 4.3 Pemodelan Random Forest                                                            | 24  |
| 4.4 Evaluasi Performa Model                                                            | 31  |
| 4.5 Simulasi Prediksi Musiman dan Uji Ketahanan Model                                  | 40  |
| V SIMPULAN DAN SARAN                                                                   | 49  |
| 5.1 Simpulan                                                                           | 49  |
| 5.2 Saran                                                                              | 49  |
| DAFTAR PUSTAKA                                                                         | 51  |
| RIWAYAT HIDUP                                                                          | 57  |



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



## DAFTAR TABEL

|   |                                                        |    |
|---|--------------------------------------------------------|----|
| 1 | Tabel 1 Variabel data penelitian                       | 12 |
| 2 | Tabel 2 Konfigurasi hiperparameter model Random Forest | 16 |
| 3 | Tabel 3 Hasil evaluasi model pada data uji             | 31 |

## DAFTAR GAMBAR

|    |                                                                                                 |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Gambar 1 Algoritma random forest <i>regression</i>                                              | 8  |
| 2  | Gambar 2 Peta wilayah kajian                                                                    | 11 |
| 3  | Gambar 3 Distribusi frekuensi dan <i>boxplot</i> konsentrasi PM <sub>2.5</sub>                  | 20 |
| 4  | Gambar 4 Tren rata-rata tahunan konsentrasi PM <sub>2.5</sub>                                   | 21 |
| 5  | Gambar 5 Siklus pola diurnal rata-rata PM <sub>2.5</sub> (00.00–23.00)                          | 23 |
| 6  | Gambar 6 Matriks korelasi Spearman                                                              | 24 |
| 7  | Gambar 7 <i>Time series</i> data latih (biru) dan data uji (oranye)                             | 25 |
| 8  | Gambar 8 <i>Decision tree</i> Random Forest pada (a) DKI4 dan (b) DKI5                          | 28 |
| 9  | Gambar 9 Tingkat kepentingan fitur meteorologi                                                  | 29 |
| 10 | Gambar 10 Tingkat kepentingan fitur historis dan waktu                                          | 30 |
| 11 | Gambar 11 <i>Scatter plot</i> aktual-prediksi PM <sub>2.5</sub> horizon 1 jam pada data latih   | 33 |
| 12 | Gambar 12 <i>Scatter plot</i> aktual-prediksi PM <sub>2.5</sub> horizon 24 jam pada data latih  | 35 |
| 13 | Gambar 13 <i>Scatter plot</i> aktual-prediksi PM <sub>2.5</sub> horizon 72 jam pada data latih  | 37 |
| 14 | Gambar 14 Plot aktual-prediksi konsentrasi PM <sub>2.5</sub> (sampel 14 hari terakhir data uji) | 39 |
| 15 | Gambar 15 Simulasi pola prediksi musiman dan uji ketahanan model wilayah                        | 41 |
| 16 | Gambar 16 Simulasi pola prediksi musiman dan uji ketahanan model wilayah                        | 43 |
| 17 | Gambar 17 Simulasi pola prediksi musiman dan uji ketahanan model wilayah                        | 44 |
| 18 | Gambar 18 Simulasi pola prediksi musiman dan uji ketahanan model wilayah                        | 45 |
| 19 | Gambar 19 Simulasi pola prediksi musiman dan uji ketahanan model wilayah                        | 47 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.